An Electropalatographic Study of Korean Fricatives /s/ and /s*/

Ji-Yeong Kim^a, Seong-Tak Woo^b, Mi-Jin Kim^a, Da-Hee Oh^a, Su-Jin Kim^a, Ji-Wan Ha^{a,c}

^aDepartment of Speech and Language Pathology, Graduate School of Rehabilitation, Daegu University, Gyeongsan, Korea

^bDepartment of electronic engineering, Dong Seoul University, Seongnam, Korea

^cDepartment of Speech Pathology, Daegu University, Gyeongsan, Korea

Correspondence: Ji-Wan Ha, PhD

Department of Speech Pathology, Daegu University, 201 Daegudae-ro, Jillyang-eup, Gyeongsan 38453, Korea

Tel: +82-53-850-4327

Fax: +82-53-850-4329

E-mail: jw-ha@daegu.ac.kr

Received: April 5, 2021

Revised: April 27, 2021

Accepted: May 3, 2021

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2019S1A5A2A03054267).

Objectives: The present study is aimed an electropalatographic investigation of Korean fricatives /s/ and /s*/. All data from this study is based on the production of 5- adult speakers who speak Korean as their first language. **Methods:** Electropalatography (EPG) is an instrumental technique for showing tongue and palate contact during speech. The participants recorded /s/ and /s*/ in CV (/si/, /sa/, /su/, /s*i/, /s*a/, /s*u/) and VCV (/asi/, /asa/, /asu/, /as*i/, /as*a/, /as*u/) context using EPG and then, four variables were analyzed: row of medial groove (RMG), medial groove width (MGW), medial groove length (MGL), and maximum contact frame (MCF). **Results:** There was significantly greater medial groove width and maximum contact frame for /s*/ compared to /s/. The difference between /si/ and /sa/ was also found in the row of medial groove, medial groove width and maximum contact frame. /si/ was produced further back, and had a longer medial groove length. Also, it showed more total tongue-palate contact than /sa/. **Conclusion:** A various range of palatal contact patterns were found between typical adults for perceptually normal /s/ and /s*/. The results provided the information about tongue-palate pattern of Korean fricatives /s/ and /s*/. These findings would be utilized to build the basic data and useful information for Korean EPG system.

Keywords: Electropalatography, EPG, Korean fricatives, Biofeedback

한국어 마찰음은 치경과 성문의 두 조음위치에서 산출되는데, 이 중 치경마찰음은 평음 /s/와 경음 /s*/라는 두 가지 발생 유형의 대립을 보인다(Shin, 2014). 치경마찰음은 혀날로 윗니의 뒤쪽과 잇몸 사이, 즉 치경에 좁은 틈을 만들어 난기류를 내보내면서 만들어지는 말소리로, 이때 혀를 치경에 완전히 접촉시키지 않고 일정하게 그 틈을 유지해야 하기 때문에 매우 섬세한 조음운동능력이 요구된다(Shriberg & Kent, 2013). 따라서 말소리 발달과정에서 가장 늦게 습득되는 말소리로 알려져 있고, 평음 /s/는 경음 /s*/보다 먼저 습득되는 것으로 보고되었다(Cheon & Lee, 1999). 또한 치경마찰음의 조음위치는 후행하는 모음에 따라 달라지기도 한다. 대표적으로 반모음 /j/나 단모음 /i/, 즉 전설고모음이 후행하면, 치경마찰음의 조음위치는 정확히 말해 치경이 아니라 치경경구개가 된다(Shin, 2014). 변이음이라 불리는 이러한 치경경구개 위치의 마찰음

(예: /시/나 /슈/에서의 /ç/)은 조음운동적으로 다른 치경마찰음들보다 상대적으로 쉽기 때문에 말소리 발달과정에서 먼저 출현한다.

치경마찰음은 흔히 ‘조음방법적’으로 어려운 소리로 간주되지만, 보다 정확히는 치경(위치)에서 마찰음(방법)을 산출하는 것이 어려운 것으로 보인다. 치경마찰음에 대해 조음의 위치와 방법을 분리하여 분석하는 것은 의미가 없으며, 해당 위치에서 해당 방법을 만드는 조음운동적 특성을 종합적으로 살펴볼 때 그 어려움에 좀 더 가까이 접근할 수 있다. Kim, Ryu와 Ha (2020)는 어린 연령에서는 치경마찰음을 파열음화시키는 방법적 오류가 주로 관찰되다가, 이후 나이가 들며 마찰이라는 조음방법을 터득해 감에 따라 위치 오류가 나타나기 시작한다고 언급한 바 있다. 이때의 위치 오류는 한국어 내에서 음소의 경계를 넘어 다른 위치의 말소리로 바뀌 말하는 대치오류가 아니라, 음소 경계를 크게 벗어나지 않은, 즉 치

경마찰음에 매우 근접한 왜곡오류를 의미한다. 치간음화, 치음화, 경구개음화가 그 대표적인 예인데, 이들은 모두 마찰성 소음 산출이라는 방법은 유지하되 협착의 위치가 치정보다 약간 앞으로 혹은 약간 뒤로 옮겨진 양상이다. 이러한 발달과정은 마찰이라는 방법을 성공시키기 위해 협착의 정확한 위치를 양보한 일종의 교환효과(trade-off)로 볼 수 있으며, 이는 입술, 경구개, 연구개에 비해 좁고 굴곡진 치경 위치에서 마찰음을 산출하는 것이 얼마나 난이도 높은 조음운동 조절능력을 요구하는지를 시사한다.

이러한 왜곡오류는 틀린 말소리임에도 불구하고 목표음인 치경 마찰음에 상당히 근접해 있기 때문에 오류를 수정하기가 쉽지 않다. 무엇보다 명료도에 거의 영향을 미치지 않고 청지각적으로도 크게 두드러지지 않아, 화자 본인이 스스로의 문제를 명확하게 인지하고 이를 모니터링하는 것이 매우 어렵다. 때문에 왜곡오류는 그 패턴이 고착화되고 습관화되어 학령기, 심지어는 청소년기나 성인기까지 잔존오류(residual error)로 남는 경우가 종종 있다. 뿐만 아니라 언어재활사들에게도 왜곡오류를 청지각적으로 정확하게 판단하는 것은 쉽지 않은 과제이다. Kim 등(2020)은 왜곡오류 연구의 어려움 중 하나로 검사자 간 낮은 신뢰도를 언급하였다. 이는 언어재활사의 경우에도 왜곡오류에 대해 어긋난 조음위치, 잘못된 혀 움직임 등을 판단하는 데에 청지각적 분석에만 의존하는 것은 한계가 있음을 시사한다. 따라서 조음 시 혀의 빠르고 복잡한 움직임과 정확한 위치에 대한 보다 과학적이고 객관적인 피드백이 요구되며, 이러한 요구에 맞춰 대두된 것이 전자구개도(Electropalatography, EPG)이다.

EPG는 말을 하는 동안 혀의 움직임에 관한 객관적이면서 동시에 임상적으로 유용한 데이터를 제공해 주는 기기이다(Gibbon & Lee, 2015). 제조사마다 제조방식에 약간씩 차이는 있지만 대부분 얇고 내구성이 강한 인공구개에 치정부부터 연구개까지 여러 전극들이 삽입되어 있어, 조음 시 혀가 닿으면 전극이 반응하는 형태로 이루어져 있다. 혀와 구개의 접촉 순간과 관련된 여러 정보들을 실시간으로 모니터링하고 저장할 수 있다는 장점으로 인해, 국외에서는 이미 1970년대부터 EPG의 기본 원리에 대한 연구가 보고되기 시작되었고, 2000년대에 들어 기술적으로 더욱 발달함에 따라 보다 다양한 연구들이 진행되고 있다(Gibbon, 2008; McAuliffe & Cornwell, 2008; Mcleod, Roberts, & Sita, 2006; Wood, Wishart, Hadcastle, Cleland, & Timmins, 2009). 그 예로 Gibbon의 연구(2008)에서는 후치경마찰음 /ʃ/를 왜곡시키는 아동들의 발화를 전사하게 했을 때 전사자들 모두 /ʃ/를 연구개마찰음 /tʃ/로 왜곡한다고 하였으나, EPG 결과 아동 모두 연구개가 아닌 다른 위치에서 오류를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 McAuliffe와 Cornwell (2008)은 마

찰음 /s/를 왜곡하는 11세 아동에게 12주 동안 주 3회의 집중적 치료 후 추가적으로 6주간 EPG 프로그램을 실시하였는데, 그 결과 청지각적 및 음향학적으로 /s/의 정확도가 유의하게 향상되었다. Wood와 동료들의 연구(2009)에서는 자음정확도가 약 67%이고 모든 치찰음을 왜곡하거나 비일관적으로 산출하는 11세의 여아를 대상으로 EPG를 이용하여 /s/와 /ʃ/를 24회기에 걸쳐 치료하였다. 그 결과 자음정확도는 75%로 향상되었고, 치료하지 않은 다른 치찰음들의 명료도도 향상되었다. 이처럼 EPG는 말소리장애의 평가와 중재에 매우 유용하고 과학적인 방법이며, 특히 마찰음에 효과적이라는 연구들을 다수 찾아볼 수 있다.

국내의 경우 EPG와 관련하여 유일하게 Baik (2010)의 연구를 찾아볼 수 있다. Baik (2010)의 연구에서는 긴장도에 따른 마찰음의 차이를 EPG를 통해 분석하였는데, 마찰음의 긴장도가 증가할수록 더 넓은 혀-구개 접촉을 보이며 마찰 지속시간 또한 길어지는 특성을 보인다고 보고하였다. 하지만 이 연구는 단 한 명의 정상 피험자로 설계된 단일대상연구라는 점에서 마찰음의 조음운동적 특성을 보편적으로 설명하는 데에는 한계가 있다. Baik (2010)의 연구뿐 아니라 국외 많은 연구들도 EPG와 관련하여 단일대상연구 또는 소수의 피험자를 대상으로 한 연구가 주를 이루는데, 이는 EPG의 비싼 가격과 제작 상의 번거로움 때문인 것으로 보인다. EPG의 전자구개는 그것을 착용하는 대상자의 구개 모양에 맞춰 개별 제작하는 맞춤형 제품이기 때문에 그 과정이 까다롭고 오래 걸린다. 더군다나 가격이 상당히 고가이기 때문에 다수의 피험자들을 대상으로 연구를 진행하기에는 경제적인 부담이 크다. 이와 같은 이유로 대규모 연구를 진행하거나 임상에서 유용하게 활용되기에 EPG는 아직 제한점이 많다.

발화 시 구강 내에서 일어나는 조음운동에 관해 시각적 피드백을 제공하거나 제공받는 것은 노-테크놀로지 또는 로우-테크놀로지 환경에서는 사실상 불가능하다. 그렇기 때문에 조음 시 혀의 동적 움직임을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 EPG는 말소리장애 분야에서 매우 매력적이고 유용한 기기가 아닐 수 없다. 그러나 국내에서 EPG를 활용하기 위해서는 여러 제반 여건들이 마련되어야 한다. 무엇보다 국외 제조사로부터 고가의 기기를 구입해야 하고 개인의 구개 석고본을 제조사에 보내 맞춤형 전자구개를 주문해야 하는 사용상의 부담과 번거로움이 해결되어야 할 것이다. 이를 위해 가격을 낮추고 사용 절차를 용이하게 한 국내 보급형 EPG를 개발하려는 노력이 요구된다. 또한 현재까지 EPG 연구는 대부분 영어의 조음 활동에 관한 것들이며, EPG 측정지표 또한 영어에 맞춰져 있다. 한국어 말소리는 영어와 같지 않으며, 따라서 한국어 조음 특성을 타당하게 살펴볼 수 있는 측정지표가 확립되어야 할 것이다.

이에 본 연구자들은 한국형 EPG 개발이라는 장기적인 연구계획을 세우고, 이를 실현하기 위한 작업들을 단계적으로 진행 중에 있다. 본 연구팀은 한국어의 큰 특징인 발성유형의 차이를 혀의 경직도를 통해 측정가능한 EPG 소프트웨어 개발에 성공한 바 있으며 (Woo, Park, Oh, & Ha, 2019), 맞춤형 주문 제작 대신 자가 제작이 가능한 인공구개의 개발을 현재 진행 중이다. 개발 작업과 더불어 EPG를 통해 의미 있게 살펴봐야 하는 한국어 음소의 측정지표와 측정방법도 확립되어야 한다. 본 연구는 이에 대한 첫 시작으로, 시중에 판매되고 있는 기존 제품을 사용하여 EPG를 한국어의 조음운동 분석에 활용해 보고자 하였다.

이를 위해 우선 본 연구에서는 정상 성인을 대상으로 치경마찰음 /s/와 /ss/의 EPG 분석을 실시하였다. 앞서도 언급하였듯이 EPG와 관련하여 왜곡오류 혹은 잔존오류가 많이 나타나는 특정 말소리에 대한 연구들을 많이 찾아볼 수 있는데, 그 말소리로 가장 빈번하게 다루어진 것이 바로 치경마찰음이다. 청지각적 판단만으로는 분석의 신뢰성에 다소 제한이 있는 치경마찰음의 오류에 대해 EPG가 과학적이고 객관적인 분석 이정표를 제공해 주고 있음은 분명하다(Gibbon, 2008; McAuliffe & Cornewell, 2008; Wood et al., 2009). 본 연구자들도 우리말 치경마찰음 /s/, ss/의 오류 평가와 중재에 EPG를 적극 활용할 계획으로, 이를 위해 우선적으로 두 말소리의 근본적 특성을 EPG를 통해 파악하려는 시도가 선행되어야 한다고 판단하였다. 즉, ‘마찰성 소음의 지속적 발생’이라는 치경마찰음의 독특한 특성을 보여주는 EPG의 측정지표와 측정방법을 확립한 후 평마찰음 /s/와 경마찰음 /ss/를 정확하게 발음할 때 그것이 어떤 양상으로 나타나는지를 비교, 분석해볼 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 여러 선행연구들에서 마찰음에 대한 EPG 지표로 보고된 바 있는 중앙협착위치, 중앙협착너비, 지속시간, 최대접촉구간을 한국어 치경마찰음 분석에 적용해보고, 우리말의 독특한 특성인 평음과 경음 간 비교를 실시해보고자 하였다. 또한 이러한 지표값들이 여러 말소리 환경에 따라 다르게 나타나는지 확인하기 위해, 단어 내 위치와 모음문맥이라는 두 가지 변수에 변화를 주어 그 차이를 비교해보고자 하였다. 이상과 같은 연구의 질문을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 분절음 /s/와 /ss/는 네 가지 EPG 지표(중앙협착위치, 중앙협착너비, 지속시간, 최대접촉구간)의 측정결과에 차이를 보이는가? 둘째, /s/와 /ss/ 각각은 단어 내 위치(어두초성, 어중초성)와 모음문맥(전설고모음, 후설고모음, 후설저모음)에 따라 네 가지 EPG 지표(중앙협착위치, 중앙협착너비, 지속시간, 최대접촉구간)의 측정결과에 차이를 보이는가?

연구방법

본 연구는 대구대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다(IRB 승인번호: 1040621-201907-HR-061-09).

연구대상

한국어를 모국어로 하는 성인 남녀 5명이 본 연구의 실험에 참가하였다. 피험자들은 청력이나 조음 상에 문제가 없는 정상 성인들로, 평균 연령은 33세, 연령 범위는 26-39세 사이였다. 이 중 4명(P1-P4)은 여성이며, 언어치료 전공 박사과정에 재학 중인 언어재활사들이었고, 나머지 한 명(P5)은 남성이며, 관련 학문을 전공한 대학교수였다. P5는 한국형 EPG 개발을 위한 이전 연구에서 타 제조사의 전자구개를 착용해본 경험이 있었으나, 나머지 피험자들은 전자구개 착용이 처음이었다.

실험도구

본 연구에서는 CompleteSpeech® (Utah, USA)에서 ‘SmartPalate’라는 이름으로 제작, 판매되고 있는 EPG를 사용하였다. SmartPalate는 조음 활동 시 혀가 구개 표면에 접촉하면 그 순간 표면에 부착된 전극센서가 반응하여 컴퓨터 회로로 정보가 전달되고, 이에 대한 팰라토그램(Palatogram)이 컴퓨터 모니터상에 실시간 제공되는 디바이스이다. 좀 더 구체적으로 살펴보면 SmartPalate는 SmartPalate 마우스피스, Data Link, SmartPalate 소프트웨어의 세 부분으로 구성되어 있다.

SmartPalate 마우스피스(Figure 1)는 사용자의 구강 구조에 맞춰 개별 제작되는 사용자 맞춤형 인공구개와 인공구개의 중앙 표면에 부착된 전자구개의 이중구조로 이루어져 있다. 인공구개는 생체적합 재질의 실리콘으로 제작되었고, 전자구개는 인체무해성 아크릴로 코팅되어 있다. 전자구개의 표면에는 혀가 접촉하는 지점을 민감하게 감지할 수 있도록 다수의 전극센서가 설치되어 있다. 제조사에 따라 설치된 전극의 개수가 다른데, SmartPalate의 경우 입술부터 연구개에 이르는 부위에 124개의 전극이 연결되어 있다. Data Link (Figure 2)는 발화 동안 전극센서의 신호 감지 여부에 대한 데이터값들을 실시간으로 입력받아 전송해 주는 마이크로 프로세서이다. Data Link 케이블의 한 쪽 끝은 SmartPalate 마우스피스에, 다른 한쪽 끝은 SmartPalate 소프트웨어가 실행되는 PC에 연결된다. 마지막으로 SmartPalate 소프트웨어(Figure 3)에서는 팰라토그램을 실행하고 자동 생성된 오디오 파일과 엑셀 파일로부터 필요한 데이터들을 얻을 수 있다. 팰라토그램은 전극의 개수만큼 구개를 구획화한 후, 발화 동안 혀가 접촉한 구간들을 색깔로 표시

Figure 1. SmartPalate Mouthpiece.

Figure 2. Data Link.

Figure 3. SmartPalate Software.

하여 혀의 움직임을 시각화한 동적 구개도이다. 조음 활동과 동시에 펄라토그램을 실행하여 혀-구개 접촉 지점과 접촉 시간에 대한 실시간 피드백이 가능하고, 녹화된 펄라토그램을 재생하여 사후 모니터링을 할 수도 있다. 발화 시작 시점부터 종료 시점까지 발화 전체에 걸쳐 연속적인 펄라토그램이 출력되기 때문에, 혀의 동적 움직임에 대한 정보를 상세히 얻을 수 있다. 오디오 파일을 클릭하면 해당 발화에 대한 오디오를 재생하고 파형(waveform)을 확인할

수 있다. 엑셀 파일은 전체 발화를 시간순으로 10 ms 간격으로 세분화하고 전극에 일련번호를 부여하여, 각 시간대에서 신호가 감지된 전극번호에 1을, 감지되지 않은 전극번호에 0을 코딩해 놓은 자료이다. 이를 통해 혀와 구개 간 접촉 지점과 접촉 시간에 대한 정밀한 측정이 가능하다.

실험 자극어

우선 EPG 상에서 치경마찰음의 대표 표본을 얻기 위해 분절음 /ㅅ/와 /ㅆ/를 산출하게 하였다. 그리고 나서 단어 내 위치와 모음문맥이 치경마찰음의 조음위치에 영향을 미치는지 알아보기 위해, 무의미 1음절어(CV)와 2음절어(VCV) 내에서 초성 위치와 후행 모음을 달리하여 /ㅅ/, /ㅆ/를 산출하도록 하였다. 단어 내 위치는 어두초성과 어중초성의 두 가지로, 모음문맥은 후설저모음 /ㅏ/, 전설고모음 /ㅣ/, 원순모음 /ㅜ/의 세 가지로 구분하였다. 2음절어의 선행 모음은 /ㅏ/로 통일하여 치경마찰음 산출 전 혀의 위치를 동일하게 하였다. 정리하면 본 실험의 자극어는 분절음 2개(/ㅅ/, /ㅆ/), 무의미 1음절어 6개(/ㅅㅏ/, /ㅆㅏ/, /ㅅㅣ/, /ㅆㅣ/, /ㅅㅜ/, /ㅆㅜ/), 그리고 무의미 2음절어 6개(/ㅏㅅㅏ/, /ㅏㅆㅏ/, /ㅏㅅㅣ/, /ㅏㅆㅣ/, /ㅏㅅㅜ/, /ㅏㅆㅜ/)로, 총 14개로 구성되었다.

실험 절차

피험자들의 구강 구조에 맞춘 개별 SmartPalate 마우스피스 제작을 위해 전문 치기공사에게 피험자 5인의 구개와 구강의 석고모형틀 작업을 의뢰하였다. 이후 석고모형틀을 미국 유타주에 위치한 CompleteSpeech® 본사에 보내어 5인의 SmartPalate 마우스피스 제작을 요청하였다. CompleteSpeech®에서 마우스피스의 제작이 완료되어 국내로 운송되기까지 약 두 달이 소요되었다. 실험에 앞서 마우스피스를 착용해보고 본인의 구강 구조에 맞게 제작되었는지, 사용에 불편함이 없는지 등을 확인하는 과정을 거쳤다.

실험 전 피험자들은 30분에서 1시간 정도 SmartPalate 마우스피스를 착용한 채 연습 과제를 반복해 봄으로써 마우스피스에 적응

하는 시간을 가졌다(Mcleod et al., 2006). 이후 조용한 공간에서 마이크와 입의 간격을 15센티미터로 일정하게 유지한 채 개별적으로 녹음을 진행하였다. 각 자극어를 3번씩 반복하였으며, 자극어 사이에는 1초씩 쉬를 두었다. 분절음 /ㅅ/와 /ㅆ/를 각각 3회씩 총 6회, /ㅅㅏ/, /ㅅㅣ/, /ㅅㅜ/, /ㅆㅏ/, /ㅆㅣ/, /ㅆㅜ/를 각각 3회씩 총 18회, /ㅏㅅㅏ/, /ㅏㅅㅣ/, /ㅏㅅㅜ/, /ㅏㅆㅏ/, /ㅏㅆㅣ/, /ㅏㅆㅜ/를 각각 3회씩 총 18회 산출하여, 전체 42개의 실험 자극어를 오디오 파일로 저장하였다. 각 자극어에 대해 3회 중 2번째 시도를 분석하는 것을 원칙으로 하였으나, 일부 자료에서 마찰성 소음의 지속기간이 50 ms 미만으로 불안정한 것이 관찰되어 이 경우에는 마지막 3번째 시도를 분석하였다.

EPG 분석

분석하고자 하는 오디오 파일을 SmartPalate 소프트웨어에서 실행하여 팔라토그램을 출력하였다. Figure 4는 /ㅏㅅㅏ/를 조음하는 동안 /ㅅ/의 혀-구개 접촉이 시간에 따라 어떻게 변하는지를 보여주는 연속 팔라토그램이다. 남색으로 표시된 부분이 전극에 붙어 들어온 지점 즉, 혀가 구개에 접촉한 지점을 의미하기 때문에, 남색 구간이 촘촘해지고 최소의 공간이 접촉하지 않은 채 남아있으면 이를 마찰음 산출을 위한 협착 시점으로 간주할 수 있다. 팔라토그램 아래 숫자는 /ㅏㅅㅏ/에서 /ㅅ/가 조음되기 직전부터 시간을 나타낸 것으로 20 ms 간격으로 표시하였다. Figure 4의 경우 2.13컷에서 치경 부분의 협착이 가장 좁아진 순간을 /ㅅ/의 조음 시작 시점으로, 2.23 컷에서 협착이 넓어지기 직전을 /ㅅ/의 조음 종료 시점으로 볼 수 있다.

각 자극어에서 치경마찰음 산출 동안의 팔라토그램 컷들을 찾아

Figure 4. Palatograms for /asa/ on EPG (ms).

낸 후, 선행연구들(Dagenais, Lorendo & McCutcheon, 1994; Liker, Horga & Mildber, 2012; Mcleod et al., 2006; Recasens & Espinosa, 2007)을 참고하여 다음의 4가지 지표와 이에 대한 측정방법을 확립하였다. 단어 내 위치별 지표값은 세 개의 모음문맥에서 얻은 지표값의 평균으로, 모음문맥별 지표값은 두 개의 단어 내 위치에서 얻은 지표값의 평균으로 구하였다.

중앙협착위치(row of midline groove, RMG)

Midline groove는 마찰성 소음 산출을 위해 협착이 가장 좁아진 지점을 의미한다. 중앙협착위치(RMG)는 Midline groove가 형성된 위치로, 협착으로 인한 홈(groove)의 위치를 의미한다. 입술부터 1열로 보고(입술 쪽 전극이 없는 경우라도) 가장 좁아진 홈의 위치가 수직선상에서 몇 번째 위치하는지를 파악하여 표시한다.

중앙협착너비(medial groove width, MGW)

마찰성 소음 산출을 위해 치경 혹은 치경과 경구개의 경계에 형성된 협착의 너비를 의미한다. 동일한 행에서 구개 전방부(anterior)에서 협착의 너비가 가장 좁아진 시점, 즉 그 순간의 마찰음 조음 시작점에서 남색으로 표시되지 않은 구간 수를 세어 중앙협착너비를 측정한다.

지속시간(medial groove length, MGL)

마찰성 소음 산출을 지속한 시간으로, 협착이 시작된 시점부터 종료된 시점까지의 시간을 의미한다. 협착이 가장 좁아지기 시작한 시점부터 그 너비가 넓어지기 직전까지의 시간을 밀리세컨드 단위로 측정한다. Figure 4의 경우 2.13컷의 시작 시점부터 2.23컷 직전까지의 시간을 측정하여 MGL을 산출할 수 있다. 본 연구에서는 펄라토그램의 분석과 더불어 엑셀파일로 자동 저장되는 신호감지 코딩자료를 추가적으로 확인하는 절차를 거쳐 10밀리세컨드 간격으로 지속시간을 측정하였다. /l/ 모음문맥에서는 치경마찰음 산출을 위한 협착과 /l/ 모음 산출을 위한 접근의 경계가 모호하여 종료 시점의 식별이 어려운 경우가 간혹 있는데, 이때에는 파형을 통해 모음 시작점을 파악한 후 그 직전까지를 마찰음의 종료 시점으로 간주하였다.

최대접촉구간(maximum contact frame, MCF)

치경마찰음 산출 동안의 연속된 펄라토그램 가운데 전극에 붙이 들어온 부분(남색으로 표시)이 가장 많은 것을 찾아, 이 구간의 전극 수를 세어 최대접촉구간을 측정하였다. 최대접촉구간은 다른 자음의 경우 자음 산출에 필요한 구개 공간을 의미하지만(Liker et

al., 2012), 치경마찰음의 경우에는 안정적인 협착을 유지하기 위한 구개 전반의 지지 공간이라 할 수 있다. 예를 들어, Figure 4에서 /s/의 조음 구간인 2.13초-2.21초 컷 가운데 최대접촉구간은 2.15와 2.17초 컷으로, 이때 남색 표시 부분을 세면 50개이므로 MCF는 50이 된다.

통계분석

자료의 통계처리를 위해 SPSS 25.0 (IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 비모수 검정을 실시하였다. 독립변수의 수준이 2개인 경우(분절음 /s/와 /ʃ/ 비교, 단어 내 위치 어두와 어중 비교)에는 Wilcoxon 부호 순위 검정을, 독립변수의 수준이 3개인 경우(모음 문맥 /i/, /ɪ/, /ɯ/ 비교)에는 Friedman 검정을 실시하였다. 단, 중앙협착위치는 통계분석에서 제외하였다.

연구결과

분절음 수준에서 치경마찰음 /s/와 /ʃ/의 EPG 분석 결과 비교

중앙협착위치(RMG)

Figure 5는 /s/와 /ʃ/ 조음 시 가장 협착이 좁아지는 부분을 피험자별로 나타낸 것이다. 이를 참고하여 중앙협착위치를 열(row)을 기준으로 살펴보았다. 피험자별로 다소 차이가 나타났는데, /s/ 조음 시 P1과 P2는 5열에서 가장 좁아진 협착 구간이 시작된 반면, P3, P4, P5는 4열에서 협착 구간을 보였다. /ʃ/에서는 3열에서 협착을 보인 P3을 제외하고 나머지 피험자들은 모두 5열에서 협착을 보였다. 전체 피험자의 /s/와 /ʃ/에서의 중앙협착위치 평균은 모두 4.6열로 동일하게 나타났다.

중앙협착너비(MGW)

Figure 5에서 중앙협착위치를 살펴보면 /s/ 조음 시, P1, P3, P5는 2개, P2는 3개, P4는 4개로 평균 중앙협착위치는 2.6개로 나타났다. /ʃ/에서는 P1, P2, P3가 1개, P4, P5는 2개로 평균 1.4개로 나타났다. 통계분석 결과, /s/보다 /ʃ/에서 유의하게 더 좁은 중앙협착위치를 보이는 것으로 나타났다($p < .05$).

마찰성 소음 산출을 위해서는 협착 이외 부분에서는 혀와 치경 부 간 접촉이 안정적으로 이루어져야 한다. 따라서 /s/, /ʃ/ 조음 시 동반된 혀-치경부의 접촉구간을 추가적으로 살펴보기 위해, 마찰음 산출 동안 모든 피험자들이 공통적으로 보인 접촉구간을 하나의 펄라토그램에 나타내었다(Figure 6). 빨간 사각형 내부의 대각선 수는 해당 구간에 혀를 접촉시킨 피험자의 수를 의미한다. 예를

Figure 5. the narrowest constriction width of EPG displays for /s/ and /s*/.
R1 = 1st row.

Figure 6. tongue-palate contact of /s/ and /s*/ for 5 participants.

Table 1. Medial groove length (ms)

Participant	/s/ MGL	/s*/ MGL
P1	310	320
P2	160	160
P3	280	280
P4	300	240
P5	180	120

들어, □은 1명의 피험자가 접촉한 부분을 의미하며, ⊠은 2명이, ■은 5명의 피험자 모두가 접촉한 부분을 의미한다. 모든 피험자가 공통으로 접촉한 부분은 /s/가 4구간, /s*/가 5구간으로 피험자들은 /s/보다 /s*/에서 더 많은 접촉 지점을 보였다. 두 말소리에서 피험자 간 공통 접촉 위치는 모두 치경부의 양 측면으로 동일하였다.

지속시간(MGL)

Table 1에 /s/와 /s*/에서의 협착구간의 지속시간을 제시하였다. /s/ 조음 시 평균 지속시간은 246 ms이었고, 최소 160 ms에서 최대 310 ms의 범위로 나타났다. /s*/의 평균 지속시간은 214 ms이었으며, 범위는 120-320 ms로 피험자 간 다소 큰 차이를 보였다. /s/에서 가장 긴 지속시간을 보인 P1은 /s*/에서도 가장 긴 지속시간을 보였고, P2와 P3은 /s/와 /s*/에서 동일한 지속시간을 나타내었다. 그러나 P4와 P5의 경우 /s*/보다 /s/의 지속시간이 더 길었다. 즉, 평마찰음과 경마찰음의 MGL은 피험자별로 다양한 양상을 보였으며, /s/와 /s*/의 지속시간 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p > .05$).

Table 2. Amount of on-electrode in maximum contact frame

Participant	/s/ MCF	/s*/ MCF
P1	31	41
P2	43	61
P3	63	64
P4	36	41
P5	47	57

최대접촉구간(MCF)

/s/와 /s*/의 최대접촉구간을 Table 2에 제시하였다. /s/ 조음 시 평균 최대접촉구간은 44개였고, 최소 31개부터 최대 63개로 그 범위가 매우 컸다. /s*/ 조음 시 평균 최대접촉구간은 52.8개였고, 41-64개의 범위로 나타났다. 모든 피험자가 /s/보다는 /s*/에서 더 많은 최대접촉구간을 보였으며, 이 차이는 통계적으로도 유의하였다($p < .05$). /s/에서 가장 넓은 최대접촉구간을 보인 P3은 /s*/에서도 그 구간이 가장 넓었고, /s/에서 가장 좁은 최대접촉구간을 보인 P1 역시 /s*/에서도 그 구간이 가장 좁았다. 피험자별 최대접촉구간의 플랴토그램을 Appendix 1에 첨부하였다.

단어 내 위치와 모음문맥에 따른 /s/와 /s*/의 EPG 분석 결과 비교

단어 내 위치 및 모음문맥에 따른 /s/의 EPG 분석 결과 중앙협착위치(RMG)

단어 내 위치에 따른 평균 중앙협착위치는 어두 5.6열, 어중 5.4열이었다. 모음문맥에 따른 평균 중앙협착위치는 /i/ 모음 6.4열, /a/ 모음 4.8열, /ɐ/ 모음 5.3열이었다. 즉, 전설고모음 /i/ 문맥이 가장 뒤쪽에서, 후설고모음 /ɐ/ 문맥은 후설저모음 /a/ 문맥에 비해 뒤

Table 3. Row of midline groove of /s/ and /s*/ (row)

	/s/						/s*/					
	Word initial			Word-medial			Word-initial			Word-medial		
	/si/	/sα/	/su/	/αsi/	/αsα/	/αsu/	/s*i/	/s*α/	/s*u/	/αs*i/	/αs*α/	/αs*u/
P1	7	5	6	7	5	6	7	5	6	7	5	5
P2	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	4	5
P3	6	4	4	5	3	4	6	3	3	5	4	4
P4	6	5	6	7	5	5	6	5	6	6	4	6
P5	7	5	5	7	5	5	6	5	6	6	5	6
M	6.4	5	5.4	6.4	4.6	5.2	6.2	4.8	5.2	6	4.4	5.2

M=mean.

쪽에서 협착이 일어남을 알 수 있다. 단어 내 위치 및 모음문맥에 따른 /s/의 중앙협착위치를 Table 3에 제시하였고, 모음문맥에 따른 중앙협착위치의 차이를 시각적으로 확인할 수 있도록 Appendix 2에 P5의 예를 수록하였다.

중앙협착너비(MGW)

/s/의 단어 내 위치에 따른 중앙협착너비를 측정한 결과 어두에서 평균 2.07 (SD=.29), 어중에서 평균 2.27 (SD=.43)로, 어중에서 중앙협착너비가 보다 넓게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 모음문맥에 따른 중앙협착너비 평균은 /i/, /α/, /u-/에서 각각 2.3 (SD=.41), 2.2 (SD=.34), 2.0 (SD=.32)으로, 전설 평순고모음인 /i/에서 가장 넓게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

지속시간(MGL)

어두와 어중에서 /s/의 지속시간 평균은 각각 126.67 ms (SD=23.50), 121.33 ms (SD=10.88)로, 어두에서 보다 긴 지속시간을 보였으나 그 차이가 통계적으로 유의하지 않았다($p>.05$). 모음문맥에 따른 /s/의 지속시간 평균은 /i/, /α/, /u-/ 문맥에서 각각 134 ms (SD=12.69), 97 ms (SD=12.10), 141 ms (SD=21.12)로, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 사후분석 결과 /i/와 /α/, /u-/와 /α/ 문맥에서 지속시간 차이는 통계적으로 유의하였던 반면($p<.05$), /i/와 /u-/ 문맥의 지속시간에는 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 즉, 저모음문맥인 /α/보다 고모음문맥인 /i/와 /u-/에서 /s/의 지속시간이 유의하게 길다는 것을 알 수 있다. 추가적으로 피험자별 MGL을 Appendix 3에 제시하였다.

최대접촉구간(MCF)

어두와 어중에서 /s/의 평균 최대접촉구간은 각각 55.13개(SD=3.22), 53.87개(SD=3.56)로, 어두에서 더 많은 접촉을 한 것으로 나

타났으나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다($p>.05$). 모음문맥에 따른 /s/의 최대접촉구간 평균을 살펴보면 /i/, /α/, /u-/에서 각각 69.10개(SD=2.52), 45.60개(SD=4.40), 48.80개(SD=4.67)로, 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 사후분석 결과 /i/와 /u-, /i/와 /α/ 문맥에서 /s/의 최대접촉구간 차이가 통계적으로 유의하였다($p<.05$). 즉, 다른 모음문맥보다 전설고모음문맥 /i/에서 최대접촉구간이 유의하게 넓다는 것을 알 수 있었다(Appendix 4).

단어 내 위치 및 모음문맥에 따른 /s/의 EPG 분석 결과

중앙협착위치(RMG)

단어 내 위치에 따른 평균 RMG는 어두 5.4열, 어중 5.2열이었다. 모음문맥에 따른 평균 중앙협착위치는 /i/ 모음 6.1열, /α/ 모음 4.6열, /u-/ 모음 4.6열이었다. /s/와 마찬가지로 /s/의 경우도 고모음문맥에서 협착 위치가 더 뒤쪽에 있음을 알 수 있다. 단어 내 위치 및 모음문맥에 따른 /s/의 중앙협착위치 각각을 Table 3에서 확인할 수 있다.

중앙협착너비(MGW)

/s/의 단어 내 위치에 따른 중앙협착너비를 측정한 결과, 어두 평균 1.73 (SD=.13), 어중 평균 1.67 (SD=.18)로, 어두에서 중앙협착너비가 보다 넓게 나타났으나 통계적으로 유의하지는 않았다($p>.05$). 모음문맥에 따른 /s/의 중앙협착너비 평균은 /i/, /α/, /u-/에서 각각 2.0 (SD=.16), 1.6 (SD=.25), 1.5 (SD=.32)로, 전설 평순고모음인 /i/에서 가장 넓게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>.05$).

지속시간(MGL)

어두와 어중에서 /s/의 지속시간은 평균은 각각 206.67 ms (SD=25.84), 186.00 ms (SD=17.04)로, 어두에서 보다 긴 지속시간을 보

였으나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다($p > .05$). 모음문맥에 따른 /ㅅ/의 지속시간 평균은 /ㅣ/, /ㅏ/, /ㅑ/에서 각각 205.00 ms (SD = 14.92), 186.00 ms (SD = 36.79), 198.00 ms (SD = 27.32)로, 전설평순고모음인 /ㅣ/에서 가장 긴 지속시간을 보였고 후설평순저모음 /ㅑ/에서의 지속시간이 가장 짧은 것으로 나타났으나 그 차이가 통계적으로는 유의하지 않았다($p > .05$). 피험자별 MGL은 Appendix 3에서 확인할 수 있다.

최대접촉구간(MCF)

어두와 어중에서 /ㅅ/의 최대접촉구간 평균은 각각 56.33개(SD = 2.25), 55.20개(SD = 3.49)로, 어두 /ㅅ/에서 더 넓은 최대접촉구간을 보였으나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다($p > .05$). 모음문맥에 따른 /ㅅ/의 최대접촉구간 평균을 살펴보면 /ㅣ/, /ㅏ/, /ㅑ/ 문맥 각각에서 70.00개(SD = 2.38), 47.20개(SD = 3.34), 50.10개(SD = 4.67)로, /ㅣ/ 문맥에서 가장 넓은 최대접촉구간을 보였다. 이와 같은 모음문맥에 따른 차이는 통계적으로도 유의하였다($p < .05$). 사후검정 결과 /ㅣ/와 /ㅑ/, /ㅣ/와 /ㅏ/ 문맥 간 차이가 통계적으로 유의하였다($p < .05$). 즉, 다른 모음문맥에 비해 전설고모음문맥 /ㅣ/에서 /ㅅ/의 최대접촉구간이 유의하게 넓다는 것을 알 수 있다(Appendix 4).

논의 및 결론

본 연구에서는 EPG를 사용하여 한국어의 치경마찰음 /ㅅ/와 /ㅆ/에서 나타나는 조음운동적 특성을 협착위치, 협착너비, 협착지속시간 및 최대접촉구간의 측면에서 살펴보았다. 또한 /ㅅ/와 /ㅆ/ 각각이 단어 내 위치(어두초성, 어중초성)와 모음문맥(/ㅣ, ㅏ, ㅑ/)에 따라 어떤 차이를 보이는지도 알아보았다. 연구결과를 요약하면 협착이 일어난 위치(중앙협착위치)와 마찰의 지속시간에는 /ㅅ/와 /ㅆ/ 음소 간 차이를 보이지 않은 반면, 협착이 일어난 지점의 너비(중앙협착너비)와 혀-구개 접촉구간(최대접촉구간)에는 두 음소 간 유의한 차이를 나타내었다. 즉, /ㅅ/보다 /ㅆ/ 조음 시 보다 좁은 협착너비를 형성하였고, /ㅆ/에서 혀와 구개가 접촉하는 구간도 더욱 넓은 것으로 나타났다. 단어 내 위치는 /ㅅ/와 /ㅆ/ 모두에서 중앙협착위치, 중앙협착너비, 지속시간, 최대접촉구간에 유의한 영향을 주지 않았다. 반면 모음문맥에 따라서는 다소 차이를 보였는데, /ㅅ/와 /ㅆ/ 모두 고모음인 /ㅣ/ 문맥에서 중앙협착위치가 가장 뒤쪽에 있었고 혀-구개의 최대접촉구간이 가장 넓었다. 또한 /ㅅ/의 경우 고모음 /ㅣ/ 문맥에서 다른 모음문맥보다 지속시간도 유의하게 길었다. 이상과 같은 결과가 의미하는 바를 각 지표 별로 좀 더 심층

적으로 논의해보겠다.

/ㅅ/와 /ㅆ/의 중앙협착위치(RMG)

평균 중앙협착위치는 /ㅅ/와 /ㅆ/ 두 음소 간 차이가 없었으나, 피험자별로는 다양하였다. 윗니와 맞닿은 부분, 치경 중앙 부분, 치경 뒷부분 등 피험자마다 약간씩 다른 위치에서 협착을 형성하였다. 모음문맥은 중앙협착위치에 영향을 미쳤는데, 특히 /ㅣ/ 모음문맥에서는 다른 문맥보다 협착이 상당히 뒤쪽에서 이루어졌다. 이로 인해 전설고모음의 영향으로 치경마찰음이 치경경구개에서 조음되는 경구개음화 현상(Shin, 2014)을 시각적으로 확인할 수 있었고, 더불어 후방화되는 정도 또한 파악할 수 있었다. /ㅣ/ 모음문맥에서 /ㅅ/의 중앙협착위치는 6-7열이었는데, 이는 분절음 차원에서는 관찰되지 않았던 위치이다. 즉, /ㅣ/ 모음문맥의 /ㅅ/는 치경의 경계를 벗어나 경구개 쪽으로 그 위치가 후방화되었음을 객관적으로 알 수 있었다.

/ㅅ/와 /ㅆ/의 중앙협착너비(MGW)와 최대접촉구간(MCF)

경마찰음 /ㅅ/의 중앙협착너비는 평마찰음 /ㅅ/보다 유의하게 더 좁았다. 이는 /ㅆ/ 조음 시 마찰성 소음을 더 세게 산출하기 위해서는 보다 좁은 틈을 형성해야 함을 의미한다. 이러한 결과는 평마찰음에 비해 경마찰음의 호기율이 더 낮은 것으로 보고된 Pyo, Lee, Choi, Shim과 Choi (1999)의 결과와도 일맥상통하는 것으로 보인다. 즉, /ㅆ/에서는 협착공간 더 좁기 때문에 결과적으로 그 공간을 통해 방출되는 기류도 더 적을 수밖에 없을 것이다.

본 연구에서는 네 가지 분석지표 이외에 /ㅅ/, /ㅆ/ 조음 시 동반되는 혀-치경부(구개 전방부) 접촉구간을 추가적으로 분석해보았다(Figure 6). /ㅅ/는 26개, /ㅆ/는 33개 지점에서 접촉이 나타났으며, 4-5명이 공통적으로 접촉한 부분은 /ㅅ/가 9개 /ㅆ/가 12개였다. 즉, /ㅆ/는 /ㅅ/보다 구강전반부에서 더 넓은 접촉구간을 보였다. 여러 선행연구들에서 혀-치경부(구개 전방부)의 접촉구간보다 혀-구개(구개 전체)의 접촉구간(최대접촉구간)을 의미 있는 지표로 보았기 때문에, 본 연구에서도 혀-치경부가 아닌 혀-구개의 최대접촉구간을 분석지표에 포함하였다. 분석 결과 최대접촉구간의 경우도 /ㅅ/는 평균 44개, /ㅆ/는 평균 52.8개로, /ㅆ/에서 유의하게 더 넓었다. 따라서 협착너비가 좁으면 접촉구간이 넓어진다는 것을 재차 확인할 수 있었다. 이는 마찰음의 긴장도 증가가 넓은 혀-구개 접촉을 의미한다는 선행연구(Paik, 2010)와도 일치하는 결과이다. 이상과 같은 결과들은 혃날에서 더 좁은 협착너비를 형성하기 위해서는 혃날의 나머지 부분은 치경부에 더 넓게 접촉해야 하고, 더 나아가 이를 지지하기 위해서는 혃 전체의 접촉구간 또한 넓어야 함을 시사

한다. 앞에서 치경마찰음의 최대접촉구간은 안정적 협착을 유지하기 위한 구개 전반의 지지 공간임을 언급한 바 있다. 목표한 조음운동(협착)을 성공시키기 위해서는 안정적 지지기반(접촉)이 필요하고, 따라서 협착과 접촉은 별개의 조음운동이 아닌, 상호보완적인 운동이라는 것을 명심할 필요가 있다.

또한 최대접촉구간은 모음문맥에 따라서도 그 차이가 유의하였다. /ㅅ/와 /ㅆ/ 모두 다른 모음문맥보다 /ㅣ/ 모음문맥에서 유의하게 넓은 최대접촉구간을 보였다. 이와 관련하여 영어의 경우도 /i/ 모음문맥이 후행하면 혀-구개 접촉이 더 많이 나타난다고 보고된 바 있다(Stone, Faber, Rphael, & Shawker, 1992). 이는 /ㅣ/ 모음문맥에서는 조음위치가 치경경구개 쪽으로 후방화되고, 더불어 전설고모음과의 동시조음의 영향으로 마찰음과 모음의 경계가 모호해졌기 때문에 나타난 결과로 보인다. /시/를 조음할 때에는 보다 안정적 위치인 치경경구개부에서 혀날이 아닌 혀의 몸통 부분으로 협착을 형성하고 연달아 이와 유사한 위치에서 공기를 내보내 /ㅣ/ 모음을 산출하게 되는데, 이것이 /ㅣ/ 모음문맥의 변이음 /ㅅ/를 다른 치경마찰음보다 용이하게 만드는 이유이다. Appendix 2에서는 /ㅣ/ 모음문맥에서 /ㅅ/의 협착위치가 후방화되고 혀-구개의 최대접촉구간이 넓다는 것을 시각적으로 확인할 수 있다. 이때 접촉구간이 특히 혀의 후방부에 넓게 퍼져있는 것을 볼 수 있는데, 이러한 조음운동적 특성이 /ㅣ/ 모음문맥의 /ㅅ/ 조음을 더욱 용이하게 만드는 요인으로 보인다.

/ㅅ/와 /ㅆ/의 지속시간(MGL)

분절음 차원에서 지속시간은 /ㅅ/와 /ㅆ/에서 다양한 양상으로 나타난 것에 비해, CV와 VCV음절에서는 경마찰음 /ㅆ/의 지속시간이 더 긴 것으로 나타났다. 선행연구에서도 /ㅅ/와 /ㅆ/의 지속시간은 /ㅆ/에서 더 길다는 입장(Baik, 1998)과 두 음소 간 차이가 없다는 입장(Lee & Lee, 2000; Pyo et al., 1999)이 모두 보고되고 있다. 이러한 상이한 결과는 청지각적으로 동일하게 지각되는 말소리라도 보다 객관적 정보를 얻기 위해서는 다양한 과학적 분석 방법이 수반되어야 할 것이며, 더 나아가 어떤 분석 방법을 사용하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있음을 보여준다. 그러나 이때 간과하면 안 되는 것은 본 연구와 Baik (1998)의 연구는 전자구개도를 이용한 조음운동적 분석 결과인 반면, Pyo 등(1999)과 Lee와 Lee (2000)의 연구는 음향학적 분석 결과라는 점이다. 동일한 말소리를 다루고 있지만 전자는 조음운동과정에서 초점을 둔 연구라면, 후자는 말소리산출 결과물에 초점을 둔 연구이다. 다시 말해 전자는 ‘협착’의 지속시간을 측정하는 것이고, 후자는 ‘마찰’의 지속시간을 측정하는 것이다. 치경 부분에 형성한 혀의 협착을 해제하지 않고 오래 유지하

더라도 이에 대해 공기 흐름이 계속 동반되지 않으면 마찰성 소음은 더 이상 산출되지 않는다. 마찰 지속시간에 차이가 나타나지 않음에도 불구하고 협착 지속시간을 더 오래 유지해야 했던 이유는 앞에서 살펴본 협착너비와 접촉구간의 상호보완성에서 그 해답을 찾을 수 있을 듯하다. 협착은 접촉을 기반으로 이루어진다. 때문에 협착너비가 더 좁은 /ㅆ/는 접촉구간은 반대로 더 넓다. 이는 /ㅆ/ 산출을 위해 형성하였던 좁은 협착을 해제하기 위해선 그만큼 넓은 접촉구간 또한 해제되어야 함을 의미한다. 즉, 넓은 접촉구간을 해제하는 데에 필요한 시간만큼 좁은 협착은 더 오래 유지될 것이다.

지속시간은 모음문맥에 따라서도 유의한 차이를 보였다. /ㅅ/와 /ㅆ/ 모두에서 저모음보다 고모음에서 더 긴 지속시간을 나타냈으며, 이같은 차이는 평음 /ㅅ/에서 두드러졌다. 이러한 결과는 최대접촉구간에서 설명하였던 것처럼 치경마찰음과 모음의 동시조음의 영향으로 보인다. 고모음이 후행 할 경우 /ㅅ/ 산출에 연달아 혀를 높이 유지한 채 모음을 산출해야 한다. 그로 인해 자음과 모음 간 조음운동 전이구간이 명확하지 않게 되고, 그 결과 협착 해제 시기 또한 지연되었을 가능성을 생각해 볼 수 있다.

종합 논의

본 연구 과정에서 특히 흥미로웠던 두 가지 점에 대해 언급하고자 한다. 그 첫 번째로 피험자들 간 중앙협착위치가 꽤 다양하였다는 점이다. 피험자들은 모두 발음이 정확한 정상 성인들이었지만, 그럼에도 불구하고 치경부 내에서 제각기 나름의 위치를 고수하며 협착을 형성하고 있었다. 이는 치경마찰음에 얼마나 다양한 변이형이 존재하는지를 시사한다. 정확한 소리를 산출하는 데에 정해진 단 한 가지 방법은 존재하지 않으며, 특히 그것이 높은 난이도의 말소리일 경우 더욱 그러할 듯하다. 즉, 나름의 방법을 사용하여 청지각적으로 정상으로 인정될 수 있으면 그것이 바로 정확한 소리인 것이다. 그러나 그 인정의 경계를 벗어나면 이는 왜곡오류가 된다. 따라서 말소리장애를 다루는 전문가들은 다양한 변이형 중 어떤 소리는 왜곡에, 또 어떤 소리는 정상에 가까운 지를 잘 판단할 수 있어야 할 것이다. 치료 과정 중 대상자가 점진적으로 목표 말소리에 접근해가고 있다면 그 미세한 점진적 변화 또한 잘 감지할 수 있어야 할 것이다. 그러나 이는 청지각적으로 쉽지 않은 작업으로, 앞으로 지속적인 EPG 연구와 개발을 통해 이러한 어려움이 해결될 수 있지 않을까 기대해본다.

두 번째 본 연구로 인해 말소리 산출에 요구되는 혀의 유기적 움직임에 대해 생각해 보는 계기가 되었다. 앞에서 강조했듯이 더 좁은 협착너비를 만들기 위해서는 더 넓은 접촉구간이 요구되었다. 즉, 치경이라는 굴곡진 위치에 좁은 틈을 형성하고 이를 유지하기

위해서는 혀와 구개 전체의 접촉이라는 지지 기반이 필요하였다. 협착에는 안정적 폐쇄가 전제된다는 이러한 결과는 폐쇄음 후 마찰음이 습득되는 말소리 발달과정을, 유표성(markedness)은 무표성(unmarkedness)을 함축한다는 언어학적 이론을 떠올리게 한다. 그동안 말소리 중재 시 겉으로 드러나는 협착만 강조한 것은 아닌지 생각해 보아야 할 것이며, 혀 전체의 접촉 기반을 견고하게 만들지 못하면 난기류 생성을 위한 협착 또한 어려울 수 있음을 명심해야 할 것이다.

영어권에서는 이미 마찰음의 왜곡(McAuliff & Cornwell, 2008) 뿐 아니라 구개열로 인한 보상조음(Lee, Law, & Gibbon, 2009), 잔존 오류(Gibbon & Lee, 2015), 인지장애를 동반한 말소리장애(Wood et al., 2009) 등 다양한 대상자들의 진단과 치료에 EPG가 활용되고 있다. 본 연구는, 대상자 수가 제한적이기는 하지만, 한국어 화자와 한국어 말소리에 적용하여 EPG 측정지표를 확립하고 그 결과를 제공한 국내 최초의 연구라는 점에서 의의를 찾을 수 있다.

또한, 어느 정도 나이가 들고 조음운동적으로 성숙해지면서 마찰이라는 방법은 터득하였지만, 치경이라는 위치에서 마찰음을 만드는 것이 여전히 어려운 화자들을 종종 볼 수 있다. 이들은 목표지점에서 살짝 어긋난 협착위치를 늦은 나이까지도 허용하고 있는데, 이와 관련하여 Kim 등(2020)은 치경마찰음의 습득과정을 ‘긴 여정’이라고 표현하기도 하였다. 치경마찰음의 특성과 그로 인한 긴 습득여정을 고려할 때, 정상 성인의 경우도 화자마다 동일한 협착위치에서 정확하고 일관되게 마찰성 소음을 산출하고 있는지 궁금하지 않을 수 없다. 즉, 음소차원에서는 치경마찰음으로 지각되지만 음성적으로는 다양한 변이형이 나타날 가능성을 배제할 수 없다. 이러한 궁금증을 해결하는 데에 EPG는 매우 유용한 도구일 것이다.

본 연구를 시작으로 앞으로 한국형 EPG 개발을 위해 꾸준히 노력하여, EPG가 국내 임상현장에서도 유용하게 활용될 수 있기를 기대해본다.

REFERENCES

- Baik, W. I. (1998). On tensity of Korean fricatives (Electropalatographic Study). *Speech Sciences*, 4(1), 135-145.
- Baik, W. I. (2010). A study of the articulatory changes of Korean consonants with the increase in degree of tensity. *Journal of East Asian Cultures*, 47, 243-258.
- Cheon, H. J., & Lee, S. H. (1999). The development of Korean /s/ and /s*/ in normal children of age 2-7 years. *Korean Journal of Communication & Disorders*, 4, 37-60.
- Dagenais, P. A., Lorendo, L. C., & McCutcheon, M. J. (1994). A study of voicing and context effects upon consonant linguopalatal contact patterns. *Journal of Phonetics*, 22(3), 225-238.
- Gibbon, F. (2008). *Instrumental analysis of articulation in speech impairment*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Gibbon, F., & Lee, A. (2015). Electropalatography for older children and adults with residual speech errors. *Seminars in Speech and Language*, 36(4), 271-282.
- Kim, M. J., Ryu, E. J., & Ha, J. W. (2020). Developmental study of distortion errors in affricative, fricative, and liquid sounds. *Communication Sciences & Disorders*, 25(2), 441-457.
- Liker, M., Horga, D., & Mildner, V. (2012). Electropalatographic specification of Croatian fricatives /s/ and /z/. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 26(3), 199-215.
- Lee, A., Law, J., & Gibbon, F. (2009). Electropalatography for articulation disorders associated with cleft palate. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3. Doi: 10.1002/14651858.
- Lee, K. H., & Lee, B. W. (2000). Acoustic characteristics and auditory cues for Korean lax vs. tense fricative distinction. *The Journal of the Acoustical Society of Korea*, 19(2), 95-100.
- McAuliffe, M. J., & Cornwell, P. L. (2008). Intervention for lateral /s/ using electropalatography (EPG) biofeedback and an intensive motor learning approach: a case report. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 43(2), 219-229.
- McLeod, S., Roberts, A., & Sita, J. (2006). Tongue/palate contact for the production of /s/ and /z/. *Clinical linguistic & phonetics*, 20(1), 51-66.
- Pyo, H. Y., Lee, J. H., Choi, S. H., Sim, H. S., & Choi, H. S. (1999). An acoustic and aerodynamic study of Korean fricatives and affricates. *Speech Sciences*, 6(1), 160-176.
- Recasens, D., & Espinosa, A. (2007). An electropalatographic and acoustic study of affricates and fricatives in two Catalan dialects. *Journal of the International Phonetic Association*, 37(2), 143-172.
- Shin, J. Y. (2014). *Korean phonetics and phonology*. Seoul: Pagijong.
- Shriberg, L. D., & Kent, R. D. (2013). *Clinical Phonetics*. (4th ed.). Boston, MA: Pearson Education.
- Stone, M., Faber, A., Rphael, L. J., & Shawker, T. H. (1992). Cross-sectional tongue shape and linguopalatal contact patterns in [s], [ʃ], and [l]. *Journal of Phonetics*, 20(2), 253-270.
- Woo, S. T., Park, Y. B., Oh, D. H., & Ha, J. W. (2019). Preliminary study of Korean Electro-palatography (EPG) for articulation of persons with com-

- munication disorders. *Journal of Sensor Science and Technology*, 28(5), 299-304.
- Wood, S., Wishart, J., Hadcastle, Cleland, J., & Timmins, C. (2009). The use of electropalatography (EPG) in the assessment and treatment of motor speech disorders in children with Down's syndrome: evidence from two case studies. *Developmental Neurorehabilitation*, 12(2), 66-75.

Appendix 1. MCF Palatogram

Appendix 2. RMG palatogram of /si/, /sa/, /su/ in P5 **Appendix 3.** Midline groove length (MGL) of /s/ and /s*/

단위: ms

	/s/						/s*/					
	Word initial			Word-medial			Word- initial			Word-medial		
	/si/	/sa/	/su/	/asi/	/asa/	/asu/	/s*i/	/s*a/	/s*u/	/as*i/	/as*a/	/as*u/
P1	100	60	60	130	120	130	110	70	260	200	100	220
P2	170	170	240	160	100	160	320	260	190	160	160	230
P3	200	120	190	100	70	170	230	160	190	230	220	160
P4	90	130	110	200	80	150	200	360	270	210	250	250
P5	100	60	100	90	60	100	210	150	120	180	130	90

Appendix 4. Maximum Contact Frame (MCF) of /s/ and /s*/

단위: 개

	/s/						/s*/					
	Word initial			Word-medial			Word- initial			Word-medial		
	/si/	/sa/	/su/	/asi/	/asa/	/asu/	/s*i/	/s*a/	/s*u/	/as*i/	/as*a/	/as*u/
P1	72	31	30	68	33	31	74	39	36	72	34	35
P2	70	57	55	68	50	51	61	56	54	65	51	47
P3	75	61	49	81	52	64	76	53	61	78	57	69
P4	63	45	47	66	37	54	71	50	52	68	39	49
P5	66	53	53	62	37	54	71	41	50	64	52	48

국문초록

전자구개도(EPG)를 이용한 한국어 치경마찰음 /ㅅ, ㅆ/의 조음운동적 특성

김지영¹ · 우승탁² · 김미진¹ · 오다희¹ · 김수진¹ · 하지완^{1,3}

¹대구대학교 일반대학원 재활과학과 언어치료전공, ²동서대학교 전자공학과, ³대구대학교 언어치료학과

배경 및 목적: 본 연구는 전자구개도를 사용하여 한국어의 치경마찰음인 /ㅅ/와 /ㅆ/를 조음운동적 측면에서 비교 분석해보고, 치경마찰음 조음 시 나타나는 혀-구개 접촉에 관한 정보를 제공하기 위한 목적으로 시행되었다. **방법:** 한국어가 모국어이며 발음에 문제가 없는 정상 성인 5명이 전자구개도를 착용하여 치경마찰음을 분절음 차원에서뿐만 아니라 단어 내 위치 및 모음문맥을 달리하여 녹음한 후 펄라토그램을 분석하였다. **결과:** 그 결과, /ㅅ/와 /ㅆ/는 협착의 너비와 혀-구개 최대접촉구간에서 유의한 차이를 보였다. /ㅆ/에서 협착의 너비가 더 좁고 전체 혀-구개 접촉구간은 더 넓게 나타났다. 단어 내 위치에 따른 차이는 유의하지 않았지만, 고모음인 /ㅣ/ 문맥에서는 저모음인 /ㅏ/에 비해 협착의 위치가 후방화되었으며, 지속시간도 가장 긴 것으로 나타났다. 또한 혀-구개 접촉 구간도 가장 넓게 나타났다. **논의 및 결론:** 본 연구는 전자구개도를 사용하여 한국어 치경마찰음의 혀와 구개 접촉에 관한 정보를 제공했다는 점에서 그 의의를 갖는다. 또한 본 연구의 결과는 한국형 전자구개도의 개발의 기초자료로써 그 의미가 있다.

핵심어: 전자구개도, 치경마찰음, 조음운동, 바이오 피드백

이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019S1A5A2A03054267).

참고문헌

- 김미진, 류은주, 하지완 (2020). 파찰음, 마찰음, 유음의 왜곡 오류에 대한 발달 연구. *Communication Sciences & Disorders*, 25(2), 441-457.
- 백운일 (2010). 한국어 자음의 긴장도 증가에 따른 조음변화에 관한 연구. *동아시아 문화연구*, 47, 243-258.
- 신지영 (2014). *한국어의 말소리*. 서울: 박이정.
- 우승탁, 박영빈, 오다희, 하지완 (2019). 의사소통장애인의 조음치료를 위한 한국형 전자구개도 구현. *센서학회지*, 28(5), 299-304.
- 이경희, 이봉원 (2000). 한국어 평마찰음과 경마찰음의 음향적 특성과 지각 단서. *한국음향학회지*, 19(2), 95-100.
- 전희정, 이승환 (1999). 2-7세 정상아동의 /ㅅ, ㅆ/ 말소리 발달 연구. *언어청각장애연구*, 4, 37-60.
- 표화영, 이주환, 최성희, 심현섭, 최홍식 (1999). 한국어 마찰음과 파찰음의 음향학적 및 공기역학적 특성에 관한 연구. *음성과학*, 6(1), 160-176.

ORCID

김지영(제1저자, 대학원생 <https://orcid.org/0000-0002-6971-6731>); 우승탁(공동저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0001-9645-2498>); 김미진(공동저자, 대학원생 <https://orcid.org/0000-0002-2151-6167>); 오다희(공동저자, 대학원생 <https://orcid.org/0000-0002-7753-9317>); 김수진(공동저자, 대학원생 <https://orcid.org/0000-0002-6502-2353>); 하지완(교신저자, 교수 <https://orcid.org/0000-0002-1191-791X>)